

Cambios en la tipología de las pequeñas iglesias españolas en América por motivos estructurales: cómo se redujo la vulnerabilidad sísmica en el Chile actual

José-Carlos Salcedo Hernández

Resumen: No existían estudios en los que se hubiera constatado la existencia, en zonas de alta peligrosidad sísmica, de un importante número de estructuras históricas que hubieran soportado terremotos durante varios siglos. El presente estudio constata la existencia en la actualidad, en una región de Chile (región de Arica y Parinacota), de la práctica totalidad de las iglesias parroquiales que fueron construidas por la colonización española (en los siglos XVI y XVII). La permanencia de estas iglesias acredita que ha sido posible proporcionar cierta seguridad estructural sísmica a las construcciones del patrimonio histórico. El estudio histórico-constructivo que se presenta, aporta las claves de cómo hacerlo: inicialmente los españoles incorporaron a su sistema estructural europeo una serie de modificaciones claves para reducir la vulnerabilidad sísmica y, además, estas construcciones han llegado hasta el presente porque sus usuarios intervinieron en ellas manteniendo las estructuras originales con las mismas técnicas, sin el empleo de materiales o sistemas estructurales nuevos.

Palabras clave: Iglesias, terremotos, América, barroco andino, estructuras de fábrica, armaduras de madera

Changes in the typology of small spanish churches in America due to structural reasons: how seismic vulnerability was reduced in current Chile

Abstract: There are no studies that have verified the existence, in areas of high seismic danger, of a significant number of historic structures that have withstood earthquakes for several centuries. The present study confirms the existence today, in a region of current Chile (Arica and Parinacota region), of practically all the parish churches that were built by the Spanish colonization (in the 16th and 17th centuries). The permanence of these churches shows that it has been possible to provide some seismic structural safety to the buildings of the historical heritage. The historical-constructive study that is presented gives the keys on how to do it: initially the Spaniards incorporated a series of key modifications to their European structural system to reduce seismic vulnerability and, in addition, these constructions have reached the present day thanks to the intervention on them maintaining the original structures with the same techniques, without the use of new materials or structural systems.

Keywords: Churches, earthquakes, America, Andean baroque, masonry structures, wooden structures

Mudanças na tipologia das pequenas igrejas espanholas na América por razões estruturais: como a vulnerabilidade sísmica foi reduzida no Chile atual

Resumo: Não existem estudos que confirmem a existência, em áreas de alto risco sísmico, de um número significativo de estruturas históricas que resistiram a terremotos durante vários séculos. O presente estudo confirma a existência na atualidade, numa região do Chile (a região de Arica e Parinacota), de praticamente todas as igrejas paroquiais que foram construídas durante a colonização espanhola (nos séculos XVI e XVII). A permanência destas igrejas prova que tem sido possível proporcionar alguma segurança estrutural sísmica às construções do património histórico. O estudo histórico-constructivo aqui apresentado providencia as chaves de como fazê-lo: inicialmente, os espanhóis incorporaram uma série de modificações chave no seu sistema estrutural europeu para reduzir a vulnerabilidade sísmica e, além disso, estas construções sobreviveram até aos dias de hoje porque os seus utilizadores intervieram nelas, mantendo as estruturas originais com as mesmas técnicas, sem a utilização de novos materiais ou sistemas estruturais.

Palavras-chave: Igrejas, terremotos, América, barroco andino, estruturas de alvenaria, estruturas de madeira

Introducción

La línea de investigación de este equipo es la seguridad estructural de las construcciones del patrimonio histórico sin emplear materiales como el hormigón y el acero, que son extraños e incompatibles con las construcciones preexistentes, sino utilizando los materiales y sistemas de las construcciones históricas: masonry structures y madera. Se profundiza en el papel estructural fundamental de la Arquitectura y no se limita a las cuestiones formales y cosméticas.

Una base de trabajo la proporciona el estudio detallado de casos de las construcciones existentes, de sus materiales y sistemas constructivos, analizando su comportamiento estructural real (Fortea 2020).

Con un profundo conocimiento de los materiales y sistemas de la construcción histórica española (recordemos que el imperio español ha construido con *masonry structures* en varias regiones en cinco continentes, a diferencia de la colonización anglosajona que lo ha hecho fundamentalmente con madera), el equipo se centra en el caso en América, en una región de alta peligrosidad sísmica como la del Chile actual. De este país se conocía a nivel internacional alguna pequeña iglesia española patrimonial como la de San Pedro de Atacama [Figura 2], que simplemente por su aspecto exterior ya evidencia cambios con respecto a la estructura original europea (como sus grandes contrafuertes ataluzados). Era evidente que esta forma estructural servía para reducir la vulnerabilidad^[1] sísmica, pero no había sido estudiada en profundidad desde el punto de vista técnico-constructivo, sólo histórico-patrimonial.

San Pedro de Atacama era considerada, en el estado del arte, un caso aislado sin generalización. Se inicia el trabajo con la búsqueda en este país (territorio del Chile de hoy) de otras iglesias que pudieran pertenecer a su misma tipología.

Se consultó para ello el catálogo de monumentos históricos chilenos (Consejo 2013), realizado por la Administración a partir de la Ley de Patrimonio (Chile 1970), resultando que existe catalogado un elevado número de iglesias en la denominada XV Región o de Arica y Parinacota (marco de la muestra). Otros estudios que han resultado muy interesantes para esta investigación son las publicaciones de la Fundación Altiplano (Fundación 2010), que han documentado las recientes intervenciones de restauración llevadas a cabo en este patrimonio histórico.

El *objetivo* de este trabajo de investigación es constatar la permanencia en la actualidad de muchas estructuras de este tipo, que han llegado al presente desde la evangelización española de la zona en el siglo XVI, situadas todas ellas en una zona de alta peligrosidad sísmica y, comparando sus materiales y sistemas estructurales con las estructuras originales europeas, determinar

qué modificaciones formales fueron introducidas para reducir la vulnerabilidad sísmica, y comprobar si han sido objeto de intervenciones posteriores (con nuevos materiales) o no. Se analiza también la tipología arquitectónica obtenida.



Figura 1.- Situación de la región chilena de Arica y Parinacota, en la cordillera andina, en relación a la histórica "Ruta de la Plata" entre Potosí y el puerto de San Marcos de Arica.

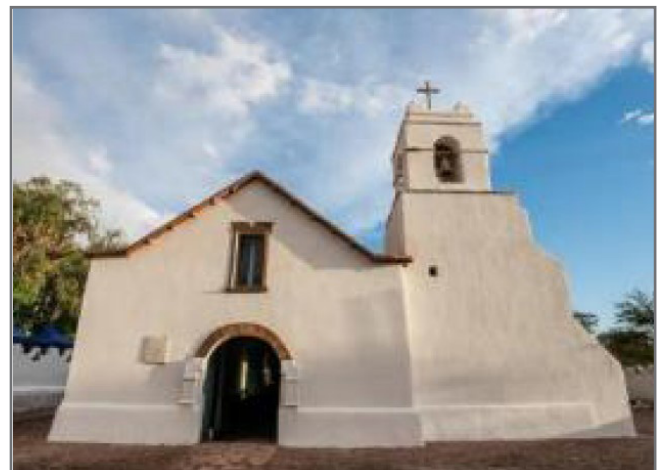


Figura 2.- Arriba, iglesia muy conocida de San Pedro de Atacama, que pertenece a un tipo funcional muy extendido por la evangelización española, pero con una serie de modificaciones claves sobre el sistema estructural original español. Abajo: Iglesia de Mulluri, de la misma tipología pero menos conocida. Como resultado de esta investigación se han localizado 30 iglesias que no habían sido estudiadas desde el punto de vista sísmico.

Área de estudio y metodología

El Altiplano andino o sudamericano es una planicie con una altitud promedio de más de 4.000 metros, perteneciente a tres países: Bolivia, Chile y Perú [véase Figura 1]. Consta que estaba habitado desde antiguo (5.000 a.C.), que a partir del 1.500 a.C. florece la cultura Tihuanaco y posteriormente la cultura Inca, hasta la hispanización de América.

Primero, con un Sistema de Información Geográfica, se han geolocalizado todas las iglesias declaradas Monumento Histórico Nacional en las tres regiones del Norte Grande chileno (Antofagasta, Tarapacá y Arica-Parinacota), partiendo del inventario del Ministerio de Obras Públicas de Chile (Consejo 2013).

Después, dentro del Altiplano, el estudio se ha centrado en la "XV Región" que, perteneciente hoy a Chile, comprende las dos provincias de Arica y Parinacota, ambas de la demarcación religiosa de la diócesis (obispado) de San Marcos de Arica, con superficie de 16.500 km². Es un área homogénea de estudio, de alta peligrosidad sísmica, en la que existe un número suficiente de realizaciones arquitectónicas, bien repartidas en el territorio, de una tipología semejante al sistema estructural histórico del que se quería conocer su comportamiento sísmico: pequeñas iglesias de estructura de fábrica y de madera. Se comprobó también que estas iglesias se encontraban menos alteradas y más uniformemente repartidas en el territorio, por lo que la investigación adquiere mayor validez científica.

Para seleccionar finalmente las 30 iglesias [Figura 3], se consultaron los estudios y publicaciones realizados por la Fundación del Altiplano (Guarda 2012), pues algunas de las iglesias no estaban en el inventario oficial, y hubo que descartar, además, tres de ellas (San Miguel en Azapa, San Martín de Tours en Chapoco y San Jerónimo en Poconchile), por ser iglesias nuevas o con grandes modificaciones sobre el sistema estructural original español.

Sobre las iglesias seleccionadas se ha elaborado un análisis gráfico de su sistema estructural (básicamente, dibujo en planta de su estructura portante y sección constructiva) y una identificación de sus materiales y sistemas estructurales.

Método de comparación: Finalmente, se ha comparado este sistema estructural en Chile con el original español, para identificar qué cambios estructurales habían sido introducidos para reducir la vulnerabilidad estructural sísmica.

Resultados

— Trabajo de geolocalización de las iglesias

La Tabla 1 expresa el resultado de situación y geolocalización realizado en las iglesias. Las 30 primeras corresponden a las que han sido finalmente objeto del estudio en la región de Arica y Parinacota.



Figura 3.- Situación de las 30 iglesias del Altiplano andino chileno que han sido objeto de la investigación

Se han indicado sus coordenadas geográficas UTM en el sistema geodésico WGS 84 y la altitud del emplazamiento, su ordenación territorial administrativa chilena (provincia, comuna y núcleo de población) y la jurisdicción eclesiástica. Se ha comprobado que la mayor parte de estos edificios permanecen en uso religioso en la actualidad.

Asimismo, se ha señalado el decreto de catalogación como Monumento Nacional en Chile. Las destacadas con un asterisco (*) se encuentran incluidas en el libro-catálogo realizado por la Fundación Altiplano (Guarda 2012), que ha servido en la metodología. Se ha completado con el mapa de la Figura 3, cuya información gráfica acredita la distribución uniforme dentro del territorio descrito. Nótese, con respecto a la altitud del emplazamiento:

- Sólo 2 de las 30 iglesias (el 6,67%) se encuentran entre 1.000 y 2.000 m de altitud.
- 6 iglesias (el 20,00%) se encuentran entre 2.000 y 3.000 m.
- 12 iglesias (el 40,00%) se encuentran entre 3.000 y 4.000 m.
- 10 iglesias (el 33,33%) se encuentran entre 4.000 y 5.000 m.

Estudio del contexto histórico patrimonial de las iglesias

Las construcciones estudiadas se encuentran en un territorio articulado por la histórica Ruta de la Plata, una de las rutas globales más importantes de la Edad Moderna, desde la Villa Rica Imperial de Potosí (minas de plata) hasta la ciudad-puerto de San Marcos de Arica. Allí se embarcaba la plata hasta la ciudad de Panamá, de ella por ruta nuevamente terrestre, atravesaba el istmo hasta Nombre de Dios (o Portobelo), y desde Portobelo nuevamente por mar atravesaba el Atlántico hasta Sevilla.

La región objeto de estudio, tras la Independencia, pasó a pertenecer a Bolivia. Sin embargo, en la Guerra del Pacífico,

IGLESIAS DEL ALTIPLANO CHILENO (ARICA-PARINACOTA)									
Nº	Núcleo de población	Nombre de la iglesia	Coordenadas UTM - Altitud DATUM WGS 84, huso 19S	Catálogo Monumento Nacional (y fecha)	Provincia	Comuna	Propiedad	Región	
1	Aico	San Antonio de Padua	19K - 451261 mE - 7920903 mS - 3530m	D. nº 451 (2012)	Arica	Camarones	Obispado de Arica, uso religioso	Arica y Parinacota	
2	Airo	Santiago Apóstol	19K - 430293 mE - 8041714 mS - 4301m	D. nº 294 (2016)	Parinacota	General Lagos	Obispado de Arica, uso religioso	Arica y Parinacota	
3	Belén	Santiago Apóstol	19K - 445612 mE - 7957963 mS - 3269m	D. nº 451 (2012)	Parinacota	Putre	Obispado de Arica, uso religioso	Arica y Parinacota	
4	Belén	Virgen Candelaria	19K - 445689 mE - 7958010 mS - 3278m	D. nº 451 (2012)	Parinacota	Putre	Obispado de Arica, uso religioso	Arica y Parinacota	
5	Caquena	Santa Rosa de Lima	19K - 478776 mE - 8003716 mS - 4402m	D. nº 294 (2016)	Parinacota	Putre	Obispado de Arica, uso religioso	Arica y Parinacota	
6	Chitita	Virgen del Carmen	19K - 428204 mE - 7918128 mS - 2200m	D. nº 331 (2015)	Arica	Camarones	Obispado de Arica, uso religioso	Arica y Parinacota	
7	Choquelimpie	Virgen de la Asunción	19K - 471925 mE - 7975260 mS - 4619m	D. nº 74 (2017)	Parinacota	Putre	Obispado de Arica, en ruinas	Arica y Parinacota	
8	Cobja	San Isidro Labrador	19K - 438561 mE - 7927859 mS - 3107m	D. nº 451 (2012)	Arica	Camarones	Obispado de Arica, uso religioso	Arica y Parinacota	
9	Codpa	San Martín de Tours	19K - 421632 mE - 7917417 mS - 1872m	D. nº 331 (2015)	Arica	Camarones	Obispado de Arica, uso religioso	Arica y Parinacota	
10	Cospilla	Virgen del Rosario	19K - 456237 mE - 8035456 mS - 4243m	D. nº 294 (2016)	Parinacota	General Lagos	Obispado de Arica, uso religioso	Arica y Parinacota	
11	Esquiña	San Pedro	19K - 444196 mE - 7906187 mS - 2183m	D. nº 331 (2015)	Arica	Camarones	Obispado de Arica, uso religioso	Arica y Parinacota	
12	Guacollo	Santa Rosa de Lima	19K - 463343 mE - 8036407 mS - 4107 m	D. nº 166 (2016)	Parinacota	General Lagos	Obispado de Arica, uso religioso	Arica y Parinacota	
13	Guallatire	Inmaculada Concepción	19K - 483753 mE - 7954674 mS - 4242 m	D. nº 451 (2012)	Parinacota	Putre	Obispado de Arica, uso religioso	Arica y Parinacota	
14	Guñañacagua	San Pedro	19K - 425344 mE - 7919039 mS - 2023 m	D. nº 3365 (2018)	Arica	Camarones	Obispado de Arica, uso religioso	Arica y Parinacota	
15	Livilcar	San Bartolomé	19K - 425534 mE - 7954487 mS - 1922m	D. nº 451 (2012)	Arica	Arica	Obispado de Arica, uso religioso	Arica y Parinacota	
16	Mulluri	Virgen de la Natividad (nueva)	19K - 482338 mE - 7897675 mS - 4123m	D. nº 1778 (2005)	Arica	Camarones	Obispado de Arica, uso religioso	Arica y Parinacota	
17	Pachama	San Andrés Apóstol	19K - 444167 mE - 7962288 mS - 3429m	D. nº 451 (2012)	Parinacota	Putre	Obispado de Arica, uso religioso	Arica y Parinacota	
18	Pachica	San José	19K - 435468 mE - 7907654 mS - 2239m	D. nº 331 (2015)	Arica	Camarones	Obispado de Arica, uso religioso	Arica y Parinacota	
19	Parcohaylla	San José	19K - 477579 mE - 7912644 mS - 3988m	D. nº 3365 (2008)	Arica	Camarones	Obispado de Arica, uso religioso	Arica y Parinacota	
20	Parinacota	Virgen de la Natividad	19K - 471647 mE - 7987462 mS - 4428m	D. nº 1158 (1979)	Parinacota	Putre	Obispado de Arica, uso religioso	Arica y Parinacota	
21	Putani	Virgen Inmaculada Concepción	19K - 442645 mE - 8040045 mS - 4342m	D. nº 166 (2016)	Parinacota	General Lagos	Obispado de Arica, uso religioso	Arica y Parinacota	
22	Putre	Virgen de la Asunción	19K - 440849 mE - 7988058 mS - 3561m	D. nº 331 (2015)	Parinacota	Putre	Obispado de Arica, uso religioso	Arica y Parinacota	
23	Saguara	Advocación desconocida	19K - 447834 mE - 7910592 mS - 3082m	D. nº 3365 (2008)	Arica	Camarones	Obispado de Arica, uso religioso	Arica y Parinacota	
24	Socorama	San Francisco de Asís	19K - 436327 mE - 7980592 mS - 3084m	D. nº 1902 (2005)	Parinacota	Putre	Obispado de Arica, uso religioso	Arica y Parinacota	
25	Sucuna	San Antonio de Padua	19K - 453251 mE - 7916418 mS - 3340m	D. nº 294 (2016)	Arica	Camarones	Obispado de Arica, uso religioso	Arica y Parinacota	
26	Tacora	Virgen del Carmen	19K - 423137 mE - 8034857 mS - 4094m	D. nº 294 (2016)	Parinacota	General Lagos	Obispado de Arica, uso religioso	Arica y Parinacota	
27	Ticnamar (viejo)	Virgen de la Asunción	19K - 448205 mE - 7944914 mS - 3234m	D. nº 451 (2012)	Parinacota	Putre	Obispado de Arica, uso religioso	Arica y Parinacota	
28	Timalchaca	Virgen de los Remedios	19K - 456065 mE - 7934426 mS - 3899m	D. nº 294 (2016)	Parinacota	Putre	Obispado de Arica, uso religioso	Arica y Parinacota	
29	Tímar	San Juan Bautista	19K - 427157 mE - 7926692 mS - 2382m	D. nº 77 (2017)	Arica	Camarones	Obispado de Arica, uso religioso	Arica y Parinacota	
30	Tulapalca	Advocación desconocida	19K - 443744 mE - 7923954 mS - 3329m	D. nº 3365 (2008)	Arica	Camarones	Obispado de Arica, uso religioso	Arica y Parinacota	
31	Azapa	San Miguel	19K - 375576 mE - 7952192 mS - 269m	D. nº 331 (2015)	Arica	Arica	Obispado de Arica	Arica y Parinacota	
32	Caraguano	Advocación desconocida	19 K - 520656 mE - 7872183 mS - 3919m	D. nº 18 (2006)	Tamarugal	Colchane	Obispado de Iquique	Tarapacá	
33	Chapicollo	Advocación desconocida	19 K - 519468 mE - 7872902 mS - 3935m	No consta	Tamarugal	Colchane	Obispado de Iquique	Tarapacá	
34	Chapoco	San Martín de Tours	19K - 440018 mE - 8041432 mS - 4380m	D. nº 76 (2017)	Parinacota	General Lagos	Obispado de Arica	Arica y Parinacota	
35	Isluga	Advocación desconocida	19 K - 529177 mE - 7871342 mS - 3812m	D. nº 680 (1975)	Tamarugal	Colchane	Obispado de Iquique	Tarapacá	
36	Llocuoma	De Mauque	19 K - 512523 mE - 7863650 mS - 4015m	D. nº 18 (2006)	Tamarugal	Colchane	Obispado de Iquique	Tarapacá	
37	Mocha	Advocación desconocida	19 K - 471069 mE - 7809175 mS - 2149m	1951	Tamarugal	Huara	Obispado de Iquique	Tarapacá	
38	Nama	Advocación desconocida	19 K - 456512 mE - 7878151 mS - 3004m	D. nº 1778 (2005)	Tamarugal	Camña	Obispado de Iquique	Tarapacá	
39	Poconchile	San Jerónimo	19K - 387423 mE - 7959404 mS - 576m	D. nº 331 (2015)	Arica	Arica	Obispado de Arica	Arica y Parinacota	

Tabla 1.- Geolocalización de iglesias del Altiplano chileno. Las 30 primeras son objeto de estudio.

también conocida como guerra del Guano y del Salitre (1879-1884), fue conquistada por Chile, ganándola a Bolivia (aliada con Perú). De esta manera Chile movió su frontera al Norte hasta el importante puerto de Arica y cortó la salida al mar de Bolivia. La actual delimitación fronteriza es fruto de un tratado^[2] de 1904.

Estas iglesias objeto de estudio, que evidencian el sincretismo religioso y cultural denominado "barroco mestizo" (Pino 1987) se encuentran hoy en su mayor parte en lo que fueron poblados incas en los que dos evangelizadores^[3] españoles (Gazulla 1918) celebraron las primeras misas cristianas, a cuyas iglesias adjudicaron el nombre del santoral del día: en Tarapacá el día de San Lorenzo, en Arica el día de San Marcos, en Azapa el día de San Miguel, etc. Cinco siglos después, muchas iglesias y poblados conservan todavía estos nombres.

La principal ciudad de la región es Arica, fundada^[4] en 1541 por el conquistador español, natural de Trujillo y vecino de Arequipa, Lucas Martínez Vegazo (1510-1567) que recibió el título de ciudad por Felipe II en 1575. Francisco Pizarro había concedido a Martínez Vegazo la encomienda de la gran extensión de tierra que comprende las provincias actuales de Moquegua y Tacna (en Perú) y las regiones chilenas actuales de Arica y Parinacota, y de Tarapacá. La zona litoral se pobló enseguida por la fertilidad del suelo y su buen clima, pero los españoles no se quedaron en el litoral, se adentraron en el continente para cumplir su misión de evangelización.

El fraile Vázquez de Espinosa (Marsilli 2010) dice haber presenciado en 1618 un temblor en la ciudad de San Marcos de Arica en donde "el mar se retiró y habría salido fuera de sus límites llevándose toda una acera de casas", también narra que las iglesias de la zona se hallaban en aquella fecha en muy mal estado. La misión de los frailes franciscanos, mercedarios y jesuitas evangelizadores, debió ser bastante difícil por la escasez de misioneros, la geografía desértica y la altitud, lo que favoreció la mezcla de las creencias indígenas y las cristianas, y la existencia de representaciones iconográficas prehispánicas de las que el fraile dejó relato.

Las minas de plata del cerro de Potosí habían sido descubiertas en 1545 por los españoles, pero la extracción de mineral fue insignificante hasta que Bartolomé de Medina implantó en 1574 una nueva técnica de amalgama inventada en España, que empleaba mercurio (Silvestre 2019) y entonces El Potosí se convirtió en el yacimiento de plata más importante del Imperio. Inicialmente el mercurio (azogue) se traía desde Huancavélica (Perú), pero más tarde se trajo de la Península Ibérica desde Almadén (Ciudad Real). Si sumamos a la Ruta de la Plata el recorrido para traer hasta América el mercurio de Almadén (la "Ruta del Mercurio: Almadén e Idrija" fue declarada Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en 2012) y que las monedas de plata acuñadas hicieron posible el comercio con China (que por falta de metal había tenido que inventar el papel

moneda), entonces valoraremos la importancia de esta ruta, exponente de la primera globalización. Es decir, que estas iglesias del altiplano están articuladas por una de las rutas históricas más importantes del planeta.

Las iglesias del altiplano andino chileno han sido protegidas por Chile como "parte de un conjunto mayor denominado genéricamente Iglesias del Altiplano, reconocido como tal en la Lista Tentativa de Bienes Culturales para ser incluidas en la Lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO, definida en el año 1998, debido a sus valores culturales, históricos, arquitectónicos y artísticos" (Consejo 2013), porque estas iglesias "son representativas de las formas de evangelización temprana ocurrida en la región andina, exponentes de una realidad transfronteriza que abarca Bolivia, Argentina y Chile", que "testimonian el encuentro temprano entre las culturas originarias que ocuparon el territorio desde hace miles de años y los colonizadores españoles, con una época de auge posterior asociada a la mina de plata de Potosí..." (Consejo 2013).

Peligrosidad sísmica del altiplano chileno

Por su situación, próxima a la zona de contacto entre placas tectónicas muy activas (subducción de la placa oceánica de Nazca bajo la placa continental Sudamericana), Chile es considerado uno de los países de mayor peligrosidad sísmica del mundo (Madariaga 1998). Se han producido episodios como el megaterremoto de Valdivia, el 22 de mayo de 1960 (Cifuentes 1989), considerado el terremoto instrumental más potente registrado en la historia y que, con epicentro en la región de la Araucanía (Sur de Chile), tuvo una magnitud (Cifuentes 1989) de 9,5 en la escala sismológica de magnitud de momento (Cereceda 2011).

En concreto, la región de estudio de Arica y Parinacota se encuentra también afectada por otra placa tectónica, la denominada placa del Altiplano, relacionada con la placa Sudamericana, que se encuentra entre los actuales países de Perú (Sur), Bolivia (Oeste) y Norte de Chile. Según los mapas de peligrosidad sísmica [Figura 4] en esta zona se prevé una aceleración sísmica de 0,5g (en la zona costera) a 0,35g (en la altiplanicie).

Para mayor detalle de estudio, se han consultado los datos del USGS, según los cuales en esta región de Arica y Parinacota se han registrado desde 1934, 13 terremotos de más de M 6.0, siendo el de 1987 el más intenso desde que se tienen registros. En este mismo período de los últimos 87 años se han registrado 73 terremotos de más de M 5.0. [Véanse Tabla 2 y Figura 5].

Contra la creencia de que en Chile la ocurrencia de terremotos se encuentra sólo en la costa (zona más próxima a la línea de contacto de la placa de Nazca), se comprueba que esta región tiene otra concurrencia distinta (Delouis 2007) ligada al Altiplano (a la placa del Altiplano), como se aprecia en la Tabla 2 y en el mapa de la Figura 5.

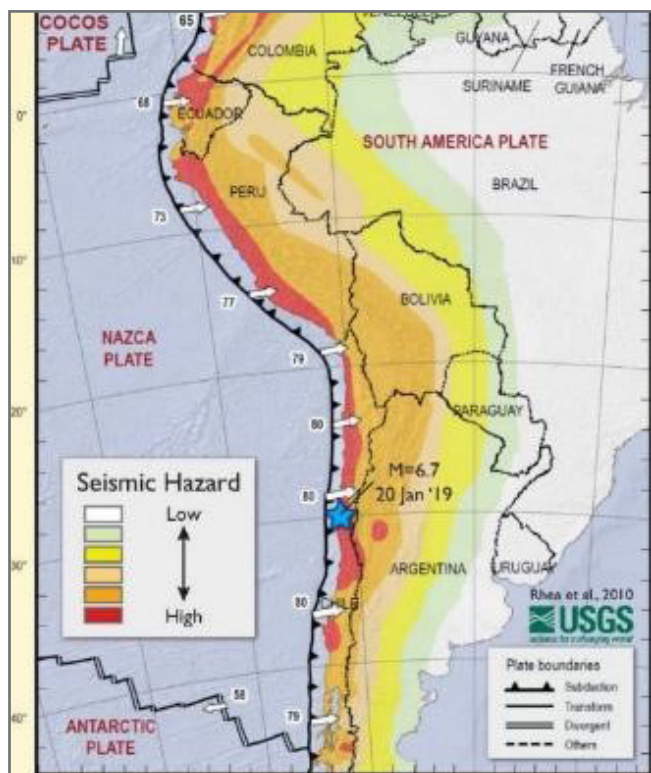


Figura 4.- Situación de la zona de estudio en el mapa de Seismic Hazard and Plate Boundaries, de Rhea et al, 2010. USGS.

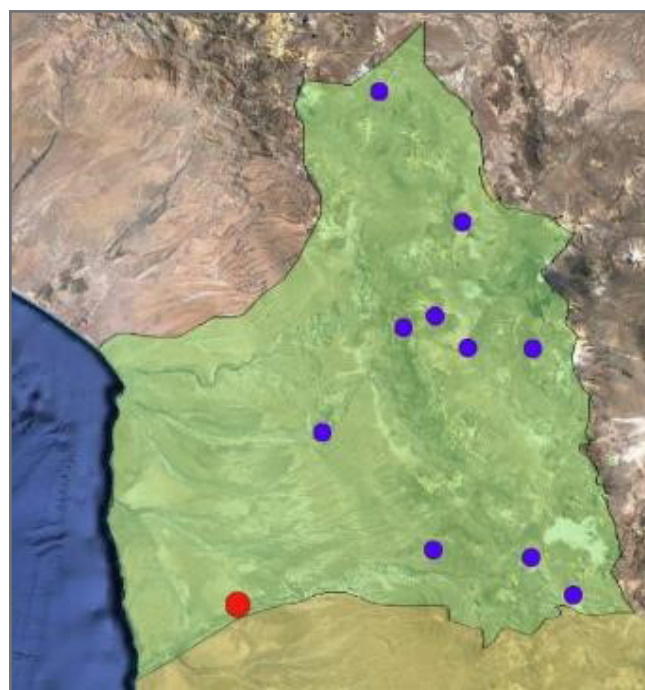


Figura 5.- Mapa de situación de los epicentros de los terremotos de más de M 6.0 registrados en la región de Arica y Parinacota desde 1934. Fuente: elaboración propia a partir de datos del USGS

Grado	Fecha	Magnitud	Geolocalización - altitud
VII	1987-08-08	M 7.2	19.022°S 69.991°W - 69,7 Km
VI	1983-02-25	M 6.9	18.268°S 69.438°W - 146,0 Km
V	1999-11-30	M 6.6	18.901°S 69.171°W - 126.1 Km
VII	1934-12-04	M 6.5	19.230°S 69.706°W - 35,0 Km
VI	2015-03-23	M 6.4	18.353°S 69.166°W - 130.0 Km
V	2011-03-06	M 6.3	18.021°S 69.362°W - 118,0 Km
V	2017-10-10	M 6.3	18.572°S 69.753°W - 85,0 Km
V	2018-01-21	M 6.3	18.572°S 69.753°W - 116.0 Km
IV	1994-12-12	M 6.3	17.477°S 69.598°W - 148.2 Km
V	2012-05-14	M 6.2	17.678°S 69.591°W - 105.9 Km
V	1997-04-01	M 6.2	18.351°S 69.347°W - 115.6 Km
V	1997-04-01	M 6.2	18.298°S 69.526°W - 113.8 Km
IV	1985-05-18	M 6.0	19.000°S 69.053°W - 109.8 Km

Tabla 2.- Terremotos de más de M 6.0 ocurridos en la región en los últimos 87 años.

Modelos españoles para comparar

Para aplicar el método de comparación a las estructuras ha sido necesario buscar y encontrar una tipología en la España actual que sea funcionalmente similar (iglesia de una única nave) —condición 1ª— con el mismo sistema estructural general de muros y armadura de madera de cubierta —condición 2ª— y de una época lo más próxima posible a los siglos XVI-XVII —condición 3ª—.

El sistema estructural a base de muros y armadura de cubierta era conocido en la Península Ibérica al menos desde la arquitectura islámica (siglos VIII al XV), el románico (s. XI al XIII) y el mudéjar (s. XII al XVI):

Las estructuras de madera para las cubiertas a base de pares alcanzaron su máximo esplendor e importancia artística en realizaciones como la catedral de Teruel (armadura mudéjar de pares, hilera, nudillo cuajado o almizate y estructura de tirantes o asiento, del siglo XIII) o la sinagoga del Tránsito en Toledo (armadura del mismo tipo del siglo XIV).

Pero además encontramos en la Península muchas pequeñas iglesias y ermitas en áreas territoriales o entornos urbanos, como la iglesia románica de Santiago de los Caballeros en Zamora (armadura de pares e hilera atirantados, del siglo XI), iglesias en pequeños pueblos como la iglesia de San Andrés Apóstol (de Mingo 2021) en Cubas de La Sagra, Madrid (armadura mudéjar de pares, hilera, nudillo cuajado y tirantes del siglo XIV), capillas de palacios y castillos

como la ermita de La Magdalena en la granja de Mirabel en Guadalupe, Cáceres (techumbre mudéjar octogonal de pares y nudillo sobre asiento con cuadrales), etc, que cuentan con una única nave y con sistema estructural de armaduras de pares de madera sobre estructura portante de muros de fábrica.

Hecho este estudio, se determinó que las iglesias peninsulares con armadura de madera son mucho más antiguas. En cuanto a la tipología general de iglesias, las contemporáneas más estudiadas en los libros de Historia del Arte, construidas tanto en la Península Ibérica como en otras zonas de América en las ciudades principales, eran de más de una nave, lo que implicaba columnas interiores separando naves, a veces con arcos o sistemas abovedados, etc, es decir, sistemas estructurales no comparables.

Pero se encontró una tipología homogénea sí comparable por tamaño, sistema y fecha: Las pequeñas iglesias de las Islas Canarias. Las iglesias de Canarias^[5] se realizaron casi a la vez que las americanas, porque la colonización de las islas (en el siglo XVI) fue paralela a la de América y de hecho, por su situación, las Islas Canarias fueron utilizadas como base para la hispanización de América, y convertidas en lugar de ensayo de muchas tecnologías reproducidas en el Nuevo Mundo, con exportación de mano de obra, etc.

Descartadas las grandes estructuras, las pequeñas iglesias y ermitas canarias que han sido seleccionadas para ser comparadas con las del Altiplano Andino chileno, por ser todas ellas pequeñas de una nave, con armadura de madera y de las mismas fechas (del mismo estado de la técnica), son^[6]:

-La ermita de Las Angustias, en los Llanos de Aridane, La Palma (siglo XVI). UTM 28R - 213136 mE - 3174019 mN - 78 m.

-La iglesia de Nuestra Señora de Candelaria, en Tijarafe, La Palma (1686). UTM 28R - 211303 mE 3179560 mN - 660 m.
-La iglesia de Nuestra Señora del Rosario, en Barlovento, La Palma (1581). UTM 28R - 226465 mE 3192354 mN - 548 m.

-La ermita de San Juan Bautista, en San Cristóbal de La Laguna, Tenerife (siglo XVI). UTM 28R - 370867 mE - 3151655 mN - 546 m.

-La iglesia de San Lázaro, en San Cristóbal de La Laguna, Tenerife (siglo XVI). UTM 28R - 369590 mE - 31521458 mN - 583 m

-La ermita de Nuestra Señora de la Peña, en Vega del Río Palmas, Fuerteventura (siglo XVIII). UTM 28R - 590963 mE - 3141091 mN. 285 m

-La ermita de la Virgen de los Reyes, en El Hierro (1577). UTM 27 R - 783875 mE - 3070628 mN - 699 m.

Las imágenes de las Figuras 6 y 7 muestran algunas de estas iglesias, exterior e interiormente.

La aceleración sísmica prevista en las islas Canarias (PSA), según el Mapa de Peligrosidad Sísmica de España del IGN (revisión de octubre de 2015), es de 0,07g para Tenerife, 0,06g para Gran Canaria, La Palma, La Gomera y El Hierro, y 0,03g para Fuerteventura y Lanzarote. Es decir, muy inferior a la de Arica y Parinacota en Chile.

Descripción gráfica de las iglesias chilenas objeto de estudio

La Figura 8 es un mosaico de fotografías con cada una de las iglesias chilenas objeto de estudio. En las Figuras 9 y 10 se representan las plantas de todas estas iglesias.



Figura 6.- Ejemplo de pequeña iglesia de las Islas Canarias realizada con estructura de fábrica y entramado de madera. Iglesia del Rosario en la localidad de Barlovento, en la isla de La Palma. Planta con 9 m de ancho y 35 m de largo.



Figura 7.- Ejemplo de pequeña iglesia de las Islas Canarias realizada con fábrica y madera. Ermita de Las Angustias, en los Llanos de Aridane, isla de La Palma. Fotografía de Frank Vincenti.



Figura 8.- Mosaico de fotografías de las 30 iglesias objeto de estudio. Fuente: inventario del Ministerio de Obras Públicas (Consejo 2013).

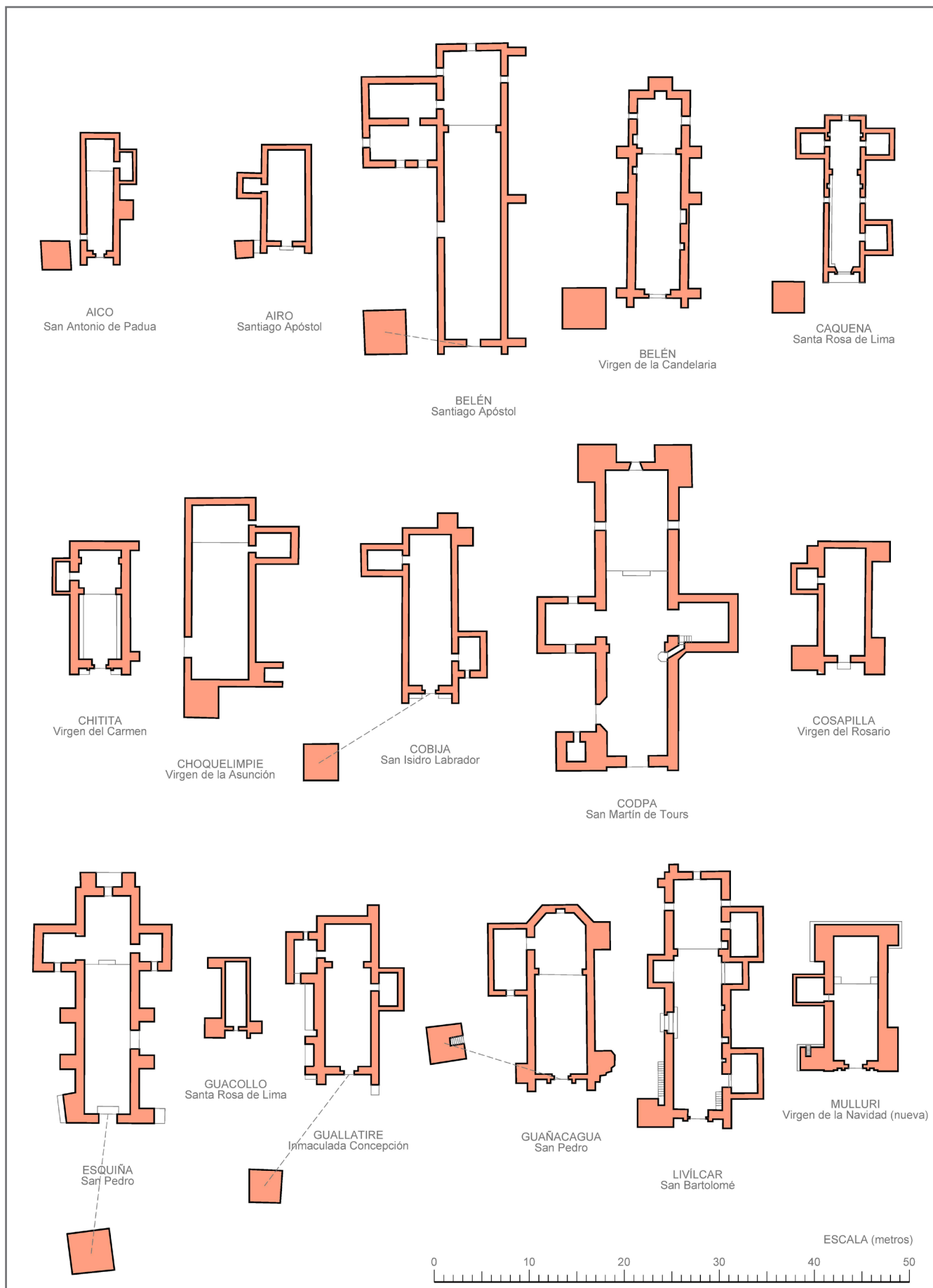


Figura 9.- Plano de estudio comparado de las plantas de las iglesias del altiplano en las regiones de Arica y Parinacota (1 de 2).

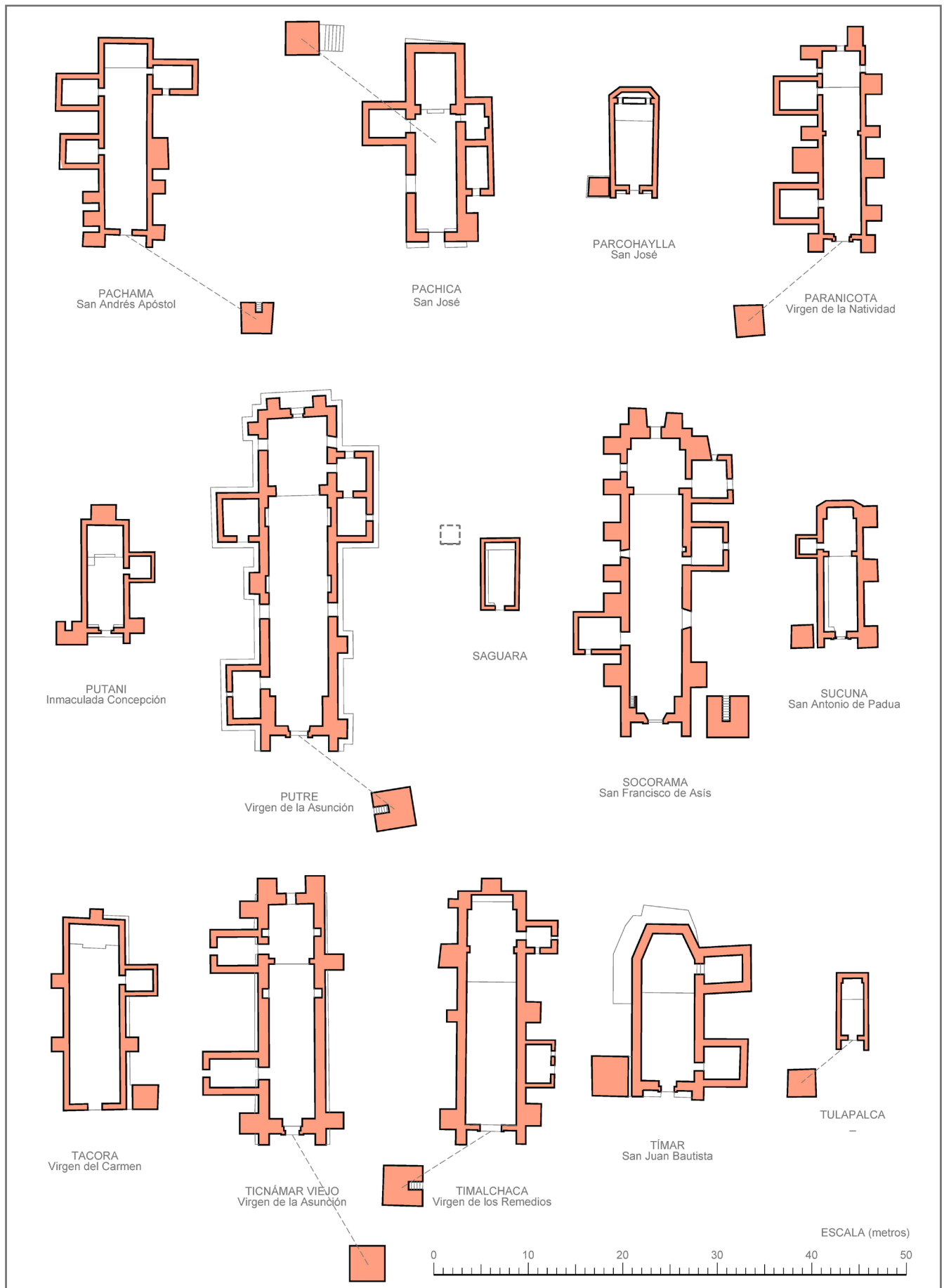


Figura 10.- Plano de estudio comparado de las plantas de las iglesias del altiplano en las regiones de Arica y Parinacota (2 de 2).

Discusión: cambios para reducir la vulnerabilidad sísmica

—Características de la fábrica

Las características de las fábricas son constantes en todas las iglesias chilenas estudiadas [Figura 11]. Se han localizado dos tipos, uno de mampostería de piedra (presente en todas las iglesias) y otro de mampostería de adobe (ladrillo sin cocer) en zonas puntuales de algunas construcciones.

En la primera, el material empleado es la piedra andesita local (una roca plutónica labrable). Las fábricas se realizan en todos los casos con piezas más grandes para formar las esquinas (con una débil labra), los recercados de los huecos y los contrafuertes; mientras que los lienzos de muros se aparejan a dos caras con las piedras careadas y argamasa de barro.

En la segunda, se emplean mampuestos paralelepípedicos de una masa de barro sin cocer, secada al aire, que aglomera paja. Estas piezas, que se fabricaban con gradillas (moldes de madera de 2 ó 3 piezas), se pegan igualmente para formar la fábrica con argamasa de barro. Los adobes se colocan siempre sobre hiladas de piedra por la base de los muros (para protegerlos de la humedad de capilaridad) coronados con paja (para evitar su disgregación por la lluvia). Con adobe se realizan, también, tramos puntuales de las fábricas, como determinados recercados o los hastiales de la fachada.

En la cimentación se emplea siempre mampostería de piedra, con mampuestos más grandes (perpiaños) y calicanto. Todas las fábricas cuentan con un revestimiento de mortero de barro de varias capas, siendo la última un enjalbegado de cal (mezcla de cal, arena fina y agua), que es apreciable en todas las fábricas (Consejo 1979), salvo en aquellas que lo han perdido por la meteorización. Por lo tanto, la cal se empleaba en muy pequeña cantidad y siempre para la última capa protectora y embellecedora de los paramentos, siendo el barro el conglomerante principal, tanto para coger los mampuestos de todo tipo como para la base de los revestimientos. La cantería sólo

se emplea en las portadas (para componer la fachada) y en los arcos de los campanarios.

Todas estas técnicas, conocidas en la Península Ibérica desde antiguo, están extensamente empleadas en las construcciones existentes en España y son las mismas que podemos encontrar en la mayor parte del patrimonio español construido en varios continentes: Europa, África (Canarias), América, Asia (Filipinas) y Oceanía (Micronesia). Muy especialmente en las fortificaciones, que actualmente permanecen y pueden ser identificadas.

La investigadora colombiana Angélica Chica (Chica 2015) proporciona un soporte científico comparado. Ha realizado el estudio de los templos doctrineros en los pueblos de indios de otra región de los Andes, el Altiplano Cundiboyacense^[7], en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá, de Colombia (iglesias de Cajicá, Tunjuelo, San Pedro de Iguaque, Sora-Furaquirá-Capitanejo de Motavita, Cucaita-Capitanejo de Boyacá, Tocancipá, Ubaté, Gachetá-Chipasaque, Cómbita-Cucaita-Oicatá-Samacá-Sora-Soraca, Chivatá, Zipacón, Chía-Pasasaque, Ramiriquí-Viracachá, Bojacá, Gachantiva-Turca y Fusagasugá).

La investigadora explica con acierto que el estudio del barroco andino se había centrado en los “templos mayores”, dejando a un lado estas pequeñas iglesias, para las que aclara su traza siguiendo lo que ella denomina un programa arquitectónico muy definido: Una única nave, con un presbiterio separado por un arco toral, todo ello construido en fábrica y con cubierta de armadura de madera. Con espadaña-campanario, una sacristía y, en la fachada, un espacio exterior de atrio. Es, esencialmente, el mismo programa funcional que encontramos en las iglesias chilenas objeto de estudio.

En los levantamientos arquitectónicos de planos que incluye de todas estas iglesias (Chica 2015) se puede observar que: no tienen torre campanario separada, sino que en su mayoría tienen espadaña en la fachada (siguiendo el modelo de barroco español en América); carecen de contrafuertes pronunciados y menos aún ataluzados; sus armaduras de madera son completas y sus cubiertas cuentan con teja (menos ligeras que las de paja).



Figura 11.- Estudio de las fábricas: Izquierda, fachada de la iglesia de Sucuna. Centro, cabecera de la iglesia de Sucuna. Derecha, poblado de Parinacota.

Carecen, en definitiva, de las modificaciones introducidas en Chile para mejorar su comportamiento estructural reduciendo la vulnerabilidad sísmica. Las colombianas tienen más similitud tipológica con las peninsulares y las canarias.

En el estudio de esta Arquitectura (Chica 2015), “se había dejado la técnica un poco soslayada” y al aportarla en su metodología “muestra otra dimensión que no había sido tenida en cuenta”. Expone los sistemas constructivos empleados a través del estudio en archivos de las “condiciones” (pliegos de condiciones de su construcción original en los siglos XVI y XVII) y los materiales que aparecen en estos documentos de contrato son exactamente los mismos peninsulares: mamposterías de piedra, cimientos de calicanto, tapia y adobes de tierra “si la hay de buena calidad”, armaduras de pares de madera, etc, seleccionando estos pliegos los materiales más adaptados a cada territorio. Incluso las detalladas condiciones emplean la misma jerga constructiva. También son exactamente los mismos materiales y sistemas de las iglesias estudiadas en Chile, salvo los cambios estructurales que se indican:

Cambios introducidos en las iglesias de Arica y Parinacota para la reducción de la vulnerabilidad sísmica

Los planos de planta de las 30 iglesias (se presentan reducidos en las Figuras 9 y 10, a una escala que pueda ser publicada, partiendo de una escala inicial de estudio a E.1/100), han permitido tanto el estudio comparado de su geometría con otras pequeñas iglesias del estado del arte, como la tipificación de su estructura portante de muros y contrafuertes.

Presentan las siguientes constantes formales y constructivas:

Se ha comprobado que todas las iglesias tienen una única nave (las 30), con torre^[8] campanario^[9] (28 de las 30), con un atrio^[10] de muro de piedra (que conservan 26 de las 30) y la mayoría de ellas con un calvario^[11] (que conservan 19 de las 30).

En esta tipología chilena, la cabecera o presbiterio no está volumétricamente diferenciada (ni en planta ni en cubierta). La estructura está resuelta con una simple caja de muros de pequeña esbeltez (gruesos muros en relación a su escasa altura). El presbiterio sólo se separa de la nave por medio de un arco toral o restos del mismo (en 14 de las 30 iglesias) y una elevación en el suelo de uno a tres peldaños (en 23 de las 30). La cabecera es recta en 27 de las 30 iglesias y sólo tres de ellas presentan un achaflanado en el exterior que no se trasluce en el interior de las plantas.

La proporción de la planta es estrecha y extremadamente alargada, la media es de 3,00 (proporción largo/ancho), existiendo casos singulares como los de la iglesia de Santiago en Belén (proporción 4,35) y las de Putre y Socorama (4,21).

Con respecto al arco toral, en 8 de las 14 iglesias aparece dañado (el arco se ha caído y sólo se han conservado sus pilastras y los salmeres del arco), aunque continúa cumpliendo la misma función litúrgica de separar el presbiterio de la nave. Su manifiesta rotura pone de manifiesto las causas sísmicas.

La profusión de contrafuertes es lo más evidente en el trabajo gráfico realizado: interiormente las iglesias no presentan más contrafuertes que los reseñados para el arco toral, pero por el exterior tienen muchos contrafuertes, además de capillas y/o sacristías laterales dispuestas específicamente de manera que arriostran los muros de la nave hacia fuera. La media de elementos arriostrantes de todas las iglesias es de 8,8, destacando las iglesias de Socorama (con 18 elementos) y Parinacota y Putre (con 16 elementos arriostrantes cada una). Se ha constatado también que las que menos elementos arriostrantes tienen son siempre las iglesias más pequeñas (Parcohaylla, Tulapalca o Saguara), que son las menos solicitadas estructuralmente. Los contrafuertes estaban dispuestos con sentido estructural, pero sin una distribución geométrica regular, salvo los que arriostran la fachada, que mantienen la simetría compositiva.

Una de las características de las iglesias del barroco español es la existencia de un coro elevado a los pies, pero en las iglesias chilenas objeto de estudio sólo se ha constatado en las iglesias de Socorama y Livilcar.

Las cubiertas han resultado ser en todos los casos de trazado geométrico a dos aguas, cuyos faldones vuelan en la fachada sobre los estribos formando un pequeño soportal (en 24 de las 30 iglesias). Las tres iglesias con cabecera achaflanada resuelven su cubierta con más vertientes en este tramo, pero de una manera poco académica, sin demasiadas complicaciones estructurales.

En todos los casos la cubierta es extremadamente ligera: el entramado secundario, sobre la armadura de madera, es o de palos de madera (cabrios), o de cañas, sobre el que se coloca una estera de totora^[12] y encima la cobertura de paja^[13]. Algunas de las iglesias presentan en la actualidad chapas metálicas acanaladas u onduladas que en Chile denominan “calaminas” para garantizar la estanqueidad con materiales nuevos. En muchos casos se ha colocado chapa primero y la paja encima para ocultar la chapa a la vista.

Con respecto a la “decoración de fachada”:

- La imagen eficaz de la iglesia se obtenía a través de dos elementos: la fachada como elemento de mayor altura de todo el edificio y su decoración al exterior, y la torre como elemento singular.

- Los alardes estilísticos que presenta la fachada son la portada de piedra labrada enmarcada por los dos contrafuertes, el trazado del arco de la portada y la existencia de columnas y otros elementos decorativos como molduras o zócalo.

- Sólo 8 de las 30 iglesias (Cobija, Codpa, Guañacagua, Livícar, Mulluri, Pachama, Putre y Socorama) presentan en la composición y decoración de la fachada un estilo culto que pueda ser calificado de “barroco”, siendo el resto de las iglesias tan sencillas en su decoración que deberían ser calificadas de “estilo popular”.

Varias de las iglesias han conservado interiormente las pinturas murales de la decoración original de los siglos XVI y XVII (Guarda 2012). La mayoría de las iglesias cuenta con retablos que normalmente se estructuran con tres calles y dos o tres niveles, dotados con hornacinas para alojar las imágenes. Estos retablos no están contruidos en madera (que sería lo habitual en el barroco) sino con fábrica, en una solución barata y funcional. Normalmente son de fábrica de adobe y de mampostería (similar a los muros de la iglesia) y revestidos con revocos, molduras, columnas, etc, policromados o enalados. En casi todas las iglesias este retablo se dispone paralelamente al muro de la cabecera y entre ambos existe una escalera que permite acceder a las imágenes.

Las torres-campanario tienen poca esbeltez (relación entre su altura y su base) comparándolas con las iglesias canarias. Cuentan con un cuerpo inferior macizo y un cuerpo de campanas más pequeño en planta, a modo de templete. El cuerpo inferior remata en una cornisa y proporciona la base para el apoyo del cuerpo de campanas.

- El cuerpo inferior es ataluzado en 14 de las 28 torres y recto en las otras 14. En 2 de las iglesias este cuerpo presenta un basamento diferenciado (un zócalo sobresaliente) y en 1 aparece dividido en dos tramos por una imposta.

- El cuerpo de campanas normalmente está retranqueado del cuerpo inferior en todos los frentes; 27 de los 28 cuerpos de campana son iguales, resueltos íntegramente con sillería de tosca labra, a base de cuatro pilastras y arcos en cada uno de los cuatro frentes, que sujetan una cúpula de media naranja sobre trompas, las pilastras están contrapesadas para absorber los empujes de la bóveda.

Apertaciones al conocimiento

Las investigaciones actuales sobre las iglesias chilenas y su afección sísmica (Jorquera 2017), se han venido realizando sin una identificación previa de la tipología de pequeñas iglesias de la construcción española, mezclándolas con otras tipologías de comportamiento estructural muy distinto, como las iglesias de Chiloé (que son totalmente de madera) o las iglesias posteriores a la Independencia de Chile (que se realizaron sólo en las grandes ciudades y son fruto de intervenciones mucho más recientes). Por ello y por la falta de un estudio comparado con los modelos peninsulares originales, no se habían valorado en su importancia las estrategias que habían sido introducidas durante el Imperio español para la reducción de la vulnerabilidad sísmica en las fábricas.

Por otro lado, en los últimos años, los códigos estructurales, no han considerado adecuadamente las estructuras del patrimonio cultural, centrándose en las obras de nueva planta y propugnando las mismas técnicas también para el supuesto “refuerzo” de las construcciones históricas. A la incompatibilidad física, mecánica y química del hormigón y del acero, que se han venido utilizando para obtener presuntas “fábricas reforzadas”, se ha llegado siguiendo hipótesis de cálculo estructural no contrastadas con casos reales de terremotos. Por ello, a medida que los centros históricos europeos van siendo sometidos a altas aceleraciones sísmicas por sucesivos terremotos (casos en Italia de L’Aquila en 2009 y Amatrice en 2016, y de Lorca, España, en 2011, con aceleraciones 0,35-0,39g) se está constatando su mayor vulnerabilidad^[13] sísmica (Salcedo 2012) (Fortea 2020), y en sus derrumbes se encuentran restos de estructuras nuevas de hormigón y acero que han producido un comportamiento anómalo a las estructuras de fábrica. Se trata de un error “de manual”, porque, al no ser posible reducir la peligrosidad sísmica de un lugar, la única estrategia estructural posible es reducir la vulnerabilidad de las construcciones que se realicen de nueva planta o se rehabiliten.

En próximas líneas de investigación habrá que volver atrás, recuperar conceptos como la ligereza de pisos y cubiertas, la reducción de la esbeltez y otros que nos muestran claramente estos edificios patrimoniales de Chile que han sobrevivido a los terremotos y que no habían sido valorados. Para intervenir en ellos correctamente, habrá que analizar determinados diseños estructurales de los sistemas históricos, trabajar en la elección de los materiales naturales (piedra y madera) y en la mejora de los materiales artificiales componentes de las fábricas, siendo el mortero estructural de pegar las fábricas el material que más innovación admite por la evolución reciente en las técnicas de fabricación, métodos de dosificación y de cálculo, ensayos de laboratorio, etc.

Conclusiones

Se han buscado en regiones de alta peligrosidad sísmica construcciones históricas que hubieran soportado terremotos durante varios siglos. Y se han encontrado al Norte de Chile (en la región de Arica y Parinacota) la práctica totalidad de las pequeñas iglesias parroquiales construidas por los españoles en esta región de colonización temprana, a partir del siglo XVI. Se ha descubierto que fueron realizadas siguiendo los modelos de las estructuras de fábricas y de madera peninsulares, pero introduciendo en ellos una serie de modificaciones estructurales que han resultado claves para reducir su vulnerabilidad sísmica.

La sola constatación de su pervivencia en la actualidad, sin haber realizado sobre ellas más intervenciones que su mantenimiento en uso y reparaciones post-sismo con las mismas técnicas tradicionales (manteniendo la fábrica sin

reforzar con nuevos materiales), evidencia que es posible mejorar la vulnerabilidad sísmica del patrimonio histórico de las estructuras de fábricas siguiendo las propias reglas del sistema.

El estudio de este comportamiento sísmico proporciona un buen punto de partida para la conservación del patrimonio histórico en cuanto a su seguridad estructural y contrasta con el pésimo comportamiento estructural que las últimas investigaciones están poniendo de manifiesto en los centros históricos europeos afectados por terremotos^[14] (Salcedo 2012; Fortea 2020), en los que se está descubriendo que las intervenciones se han venido realizando siguiendo bases de cálculo no suficientemente contrastadas con el comportamiento real en caso de sismo y empleando de forma generalizada, sin fundamento, acero y hormigón.

Notas

[1] El riesgo sísmico (seismic risk) depende de la peligrosidad sísmica (seismic hazard) del lugar y de la vulnerabilidad sísmica (seismic vulnerability) de las construcciones. La estrategia a seguir en las construcciones realizadas en zona sísmica es reducir la vulnerabilidad de la estructura.

[2] En este tratado se le otorgó a Bolivia un amplio derecho de tráfico comercial por territorio chileno hasta los puertos del pacífico.

[3] Que acompañaron a Diego de Almagro, conquistador de Chile, desde el Virreinato de Perú.

[4] La conquista del territorio por los españoles fue siempre asociada a la colonización y evangelización y los militares iban acompañados de misioneros de órdenes religiosas. En este proceso fueron claves las reducciones (poblados de indios) y las ciudades fundadas.

[5] Han sido clasificadas como arte mudéjar, aunque ni por sus materiales (en Canarias no hay arcilla y por tanto no tienen fábricas de ladrillo), ni por su fecha de construcción (fueron construidas a partir del siglo XVI y XVII cuando ya no quedaban mudéjares sometidos), pueden serlo en propiedad. Sólo tienen en común con cierto mudéjar la existencia de estructuras de madera.

[6] Las iglesias más importantes de Canarias, conocidas y estudiadas por la Historia del Arte tienen varias naves (tampoco son comparables porque las naves se separan con arcos formeros y sus columnas-pilastras), por ejemplo, en la isla de La Palma: la Iglesia Matriz de El Salvador en Santa Cruz de La Palma (fundada en 1500), la iglesia de San Juan Bautista en Puntallana (1515), la iglesia de Nuestra Señora de los Remedios en Los Llanos de Aridane (1517), la iglesia de Nuestra Señora de la Luz en Garafía (principios del siglo XVII). En la isla de Tenerife: la iglesia de La Concepción en San Cristóbal de La Laguna (1511) y la iglesia de la Inmaculada Concepción en Santa Cruz de Tenerife (construida en varias fases en el siglo XVI). La iglesia matriz de La Asunción en

la Gomera (siglo XVI y siguientes). La iglesia de la Concepción en Betancuria, Fuerteventura (siglo XV y siguientes).

[7] Peligrosidad sísmica de esta zona: Tiene una aceleración de 0,13 a 0,27g. Menor a la de la zona de estudio en Chile. Fuente: Mapa de Zonificación Sísmica de Colombia.

[8] Nótese que no tienen espadaña (frecuente en el barroco americano en otras zonas) sino siempre campanario sobre una torre.

[9] Sólo la iglesia de Chitita carece de torre-campanario. La de Sagua tuvo torre, pero actualmente sólo conserva restos de su planta.

[10] En muchas pequeñas iglesias de España y de América se denomina "atrio" a un recinto alrededor de las iglesias, cerrado por una pared y dotado de un acceso, que engloba a otras construcciones como la torre campanario cuando es exenta.

[11] El calvario es un pequeño templete, formado por un altar cubierto por una cúpula sobre cuatro pilastras (similar en forma y escala al cuerpo de campanas de campanario) y dispuesto dentro del atrio. Sirve para cuestiones ceremoniales al aire libre.

[12] Tatora (del quechua t'utura): Es un tipo de junco *Schoenoplectus californicus*. Es una planta herbácea semiacuática, común en esteros y pantanos en América del Sur.

[13] "Paja brava" o ichu: Es una planta endémica de Sudamérica, empleada como pasto para el ganado y antaño para la cobertura de las construcciones.

[14] Todos ellos han sido sometidos a una relativamente baja aceleración sísmica y sin embargo han tenido un fracaso generalizado de las estructuras presuntamente reforzadas.

Bibliografía

CERECEDA, P.; ERRÁZURIZ A.-M. y LAGOS M. (2011). *Terremotos y tsunamis en Chile*, Santiago de Chile: Origo Ediciones.

CHICA SEGOVIA, A. (2015). *Aspectos histórico – tecnológicos de las iglesias de los pueblos de indios del siglo XVII en el Altiplano Cundiboyacense como herramienta para su valoración y conservación* (tesis doctoral). Universidad Nacional, Bogotá, Colombia.

CIFUENTES, I. L. (1989). *The 1960 Chilean earthquakes* JGR, Solid Earth, 1989.

CONSEJO DE MONUMENTOS NACIONALES DE CHILE. (1979). "Decreto de declaración de Monumento Histórico de la iglesia de Parinacota y de zona típica y de protección todo el pueblo de Parinacota".

CONSEJO DE MONUMENTOS NACIONALES DE CHILE (2013). Decreto nº 0451.

DELOUIS, B. y LEGRAND, D. (2007). "Mw 7.8 Tarapaca intermediate depth earthquake of 13 June 2005 (northern Chile): Fault plane identification and slip distribution by waveform inversion", *Geophysical Research Letters*, 34(1). <https://doi.org/10.1029/2006GL028193>

FORTEA, M. y SALCEDO, J.-C. (2020). "La influencia de las alteraciones estructurales en los daños del terremoto de Amatrice, Italia (2016)". *Informes de la Construcción*, 72(559), <https://doi.org/10.3989/ic.71378>.

FUNDACIÓN ALTIPLANO. (2010). *Memoria anual*. Fundación Altiplano, Arica.

GAZULLA GALVE, P. (1918). *Los primeros Mercedarios en Chile. 1535-1600*, Santiago de Chile: La Ilustración.

GOBIERNO DE CHILE. (1970). "Ley nº 17.288 de Monumentos Nacionales".

GUARDA GEWITZ, G. O.; MORENO JERIA, R.; PEREIRA CAMPOS, M.; et al (2012). *Iglesias andinas de Arica y Parancota: Las huellas de la ruta de la Plata*, ISBN 978-956-9221-00-2 ed., F. Altiplano. Arica.

JORQUERA, N.; MISSERI, G.; PALAZZI, N.; ROVERO L. y TONIETTI, U. (2017). "Structural characterization and seismic performance of San Francisco Church, the most ancient monument in Santiago, Chile". *International Journal of Architectural Heritage*, 11(8): 1061-1085. <https://doi.org/10.1080/15583058.2017.1315620>

MADARIAGA, R. (1998). *Sismicidad de Chile*. Física de la Tierra, 10: 221-258.

MARSILLI M. N. Y CISTERNAS, P. (2010). "Los senderos de la idolatría: El viaje de Vázquez de Espinosa por los Altos de Arica, 1618" *Chungará*, 42(2): 465-476. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-7356201000020000>

MINGO, J. de (2021). "La iglesia de Cubas de la Sagra (Madrid)" Blog ALBANÉCAR, *Bitácora sobre la Carpintería de Lo Blanco*. <https://www.albanecar.es/>

PINO, G. (1987). "El barroco americano", *Revista Estudios*, 7:119-139.

SALCEDO, J.-C. y CAMPESINO, A. J. (2012). "Experiencias constructivas del terremoto de Lorca". *Investigaciones Geográficas* 57: 7 – 37. <https://doi.org/10.14198/INGEO2012.57.01>

SILVESTRE MADRID, M.A. (2019). *Las relaciones entre Almadén y la América colonial*, Tesis doctoral. Universidad de Córdoba, 2019.

Autor/es



José-Carlos Salcedo Hernández

jcsalcedo@unex.es

Escuela Politécnica. Universidad de Extremadura.

<https://orcid.org/0000-0002-7185-0286>

Arquitecto por la E.T.S. de Arquitectura de Madrid (Universidad Politécnica) en las dos especialidades, Edificación (1994) y Urbanismo (2005), y Doctor con Premio Extraordinario (2011). Profesor contratado doctor del Área de Construcciones Arquitectónicas en la Escuela Politécnica de Cáceres (Universidad de Extremadura), con 24 años de experiencia docente universitaria y tres tesis doctorales dirigidas. Es funcionario de carrera en excedencia de la Administración autonómica. En su experiencia profesional como arquitecto, reúne proyectos y direcciones de obras de edificación, redacción de planes generales y de protección del patrimonio, entre otros, en municipios y bienes de la UNESCO en Guadalupe, Cáceres y Mérida. Su intervención en el acueducto del Arca del Agua de Guadalupe obtuvo el Premio de Urbanismo de Extremadura en 2021 y ha recibido otros premios en concursos de Arquitectura (Ministerio de Vivienda, Colegio de Arquitectos de Castilla La Mancha...), con un proyecto nominado por el Colegio de Arquitectos de Extremadura para el Premio Nacional de Arquitectura en 1999. Tiene más de 10 años de experiencia investigadora postdoctoral, en los que ha registrado 7 patentes, una docena de artículos en revistas indexadas, 5 libros y 10 capítulos de libros. Ha sido investigador colaborador en 3 proyectos del Plan Nacional e investigador principal en una veintena de contratos con empresas y Administraciones públicas. Ha sido becario del Ministerio para estancias de investigación postdoctoral en el extranjero, y profesor-investigador visitante en las universidades degli Studi de Florencia (Italia), Vitus Behring de Hørsen (Dinamarca) y Nova de Lisboa (Portugal).

Artículo enviado el 19/11/2021
Artículo aceptado el 16/03/2022



<https://doi.org/10.37558/gec.v21i1.1088>